



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 08 088 T2** 2006.08.24

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 226 946 B1**

(51) Int Cl.⁸: **B41J 2/16** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 08 088.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 250 340.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **18.01.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **21.12.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.08.2006**

(30) Unionspriorität:

770723 25.01.2001 US

(74) Vertreter:

Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(73) Patentinhaber:

**Hewlett-Packard Development Company, L.P.,
Houston, Tex., US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, NL

(72) Erfinder:

Nikkel, Eric L., Philomath, US

(54) Bezeichnung: **Zweistufiges Ätzen eines Grabens für einen vollständig integrierten Tintenstrahldruckkopf**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf Tintenstrahldrucker und insbesondere auf einen monolithischen Druckkopf für einen Tintenstrahldrucker.

Hintergrund

[0002] Tintenstrahldrucker weisen üblicherweise einen Druckkopf auf, der an einem Wagen befestigt ist, der sich rückwärts und vorwärts über die Breite eines Blattes Papier bewegt, das durch den Drucker geführt wird. Tinte aus einem Tintenreservoir, entweder an Bord bei dem Wagen oder außerhalb an dem Wagen, wird zu Tintenausstoßkammern an dem Druckkopf geleitet. Jede Tintenausstoßkammer enthält ein Tintenausstoßelement, wie z. B. einen Heizerwiderstand oder ein piezoelektrisches Element, das unabhängig adressierbar ist. Das Versorgen eines Tintenausstoßelements mit Energie verursacht, dass ein Tintentröpfchen durch eine Düse ausgestoßen wird, zum Erzeugen eines kleinen Punkts auf dem Medium. Das Punktmuster, das erzeugt wird, erzeugt ein Bild oder einen Text. Ein herkömmliches Verfahren zum Ätzen eines Durchgangslochs in einem Druckkopfs substrat ist bekannt aus der US-A-4789425.

[0003] Während sich Auflösungen und Druckgeschwindigkeiten von Druckköpfen erhöhen, um die hohen Bedürfnisse des Verbrauchermarkts zu erfüllen, sind neue Druckkopf-Herstellungstechniken und -Strukturen erforderlich.

Zusammenfassung

[0004] Hierin ist ein monolithischer Druckkopf beschrieben, gebildet unter Verwendung integrierter Schaltungstechniken. Dünnschichten, die eine resistive Schicht umfassen, werden auf einer oberen Oberfläche eines Siliziumsubstrats gebildet. Die verschiedenen Schichten werden geätzt, um leitfähige Anschlussleitungen zu den Heizerwiderstandselementen zu liefern. Piezoelektrische Elemente können anstelle der resistiven Elemente verwendet werden.

[0005] Zumindest ein Tintenzuführloch ist durch die Dünnschichten für jede Tintenausstoßkammer gebildet. Bei einem Ausführungsbeispiel ist eine Schutzschicht über dem Tintenzuführlochbereich aufgebracht.

[0006] Eine Lochschicht ist auf der oberen Oberfläche der Dünnschichten gebildet, um die Düsen und Tintenausstoßkammer zu definieren. Bei einem Ausführungsbeispiel wird ein photodefinitives Material verwendet, um die Lochschicht zu bilden.

[0007] Eine Grabenmaske ist auf der unteren Ober-

fläche des Substrats gebildet. Ein Graben wird geätzt (z. B. unter Verwendung von TMAH) durch die freiliegende untere Oberfläche des Substrats. Der Graben ätzt vollständig Abschnitte von dem Substrat unter den Tintenzuführlöchern weg. Die Schutzschicht verhindert, dass TMAH das Substrat von der Vorderseite durch das Tintenzuführloch ätzt.

[0008] Die Schutzschicht wird dann beseitigt und ein zweites Grabenätzen wird ausgeführt. Die TMAH-Lösung ätzt den Substratabschnitt weg, der durch die Tintenzuführlöcher freiliegend ist. Das zweite Grabenätzen richtet inhärent den Rand des Grabens mit den Tintenzuführlöchern aus. Dieses Zweischritt-Grabenätzen lockert die Toleranzen für die Grabenmaske und resultiert in einem präzise positionierten Graben, da die Grabenseitenwände schließlich mit den Dünnschichtöffnungen ausgerichtet sind.

[0009] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel wird keine separate Schutzschicht aufgebracht. Stattdessen wird eine Feldoxidschicht (FOX-Schicht), gebildet über dem Substrat als eine der Dünnschichten, zum Schutz verwendet. Die Tintenzuführlöcher werden durch die Dünnschichten bis hinunter zu der FOX-Schicht geätzt. Ein erstes Grabenätzen wird wie bei dem vorhergehenden Ausführungsbeispiel ausgeführt. Die Abschnitte der FOX-Schicht in den Tintenzuführlochbereichen werden mit einem gepufferten Oxidätzen entfernt. Ein zweites Grabenätzen wird dann ausgeführt, das die Grabenseitenwände mit den Dünnschichtöffnungen selbstausrichtet. Dieser Prozess ist wirtschaftlicher als das vorangehende Ausführungsbeispiel, das eine separate Schutzschicht verwendet.

[0010] Der resultierende, vollständig integrierte thermische Tintenstrahldruckkopf kann mit einer sehr präzisen Toleranz hergestellt werden, da die gesamte Struktur monolithisch ist, und erfüllt die Bedürfnisse für die nächste Generation von Druckköpfen.

[0011] Der Prozess kann verwendet werden, um Öffnungen in anderen Vorrichtungen als Druckköpfen zu bilden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer Druckkassette, die einen oder mehrere Druckköpfe umfassen kann, die hierin beschrieben sind.

[0013] [Fig. 2](#) ist eine perspektivische Ausschnittsansicht eines Abschnitts eines Ausführungsbeispiels eines Druckkopfs gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0014] [Fig. 3](#) ist eine teilweise transparente Ansicht

von oben nach unten von dem Druckkopf, der in [Fig. 2](#) gezeigt ist, die zusätzliche Abschnitte des Druckkopfs zeigt.

[0015] [Fig. 4](#) ist eine Querschnittsansicht entlang von Linie 4-4 in [Fig. 2](#), die zusätzliche Abschnitte des Druckkopfs zeigt.

[0016] [Fig. 5](#) ist eine Querschnittsansicht des Druckkopfabschnitts aus [Fig. 2](#) entlang Linie 4-4, die ein zusätzliches Detail der Dünnfilmschichten zeigt.

[0017] [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6G](#) sind Querschnittsansichten eines Abschnitts des Druckkopfs aus [Fig. 4](#) entlang Linie 4-4 während verschiedener Stufen des Herstellungsprozesses.

[0018] [Fig. 7](#) ist eine teilweise transparente Ansicht von oben nach unten eines zweiten Ausführungsbeispiels eines Druckkopfs.

[0019] [Fig. 8](#) ist eine Querschnittsansicht des Druckkopfs des zweiten Ausführungsbeispiels.

[0020] [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) stellen eine Variation der Strukturen aus [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) dar, wo ein mittlerer rechteckiger Tintenzuführbereich durch die Dünnfilmschichten gebildet ist.

[0021] [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) stellen eine weitere Variation der Strukturen aus [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) dar, wo anstatt einer gebildeten separaten Schutzschicht die FOX-Schicht als die Schutzschicht verwendet wird.

[0022] [Fig. 13](#) ist eine perspektivische Ansicht eines herkömmlichen Tintenstrahldruckers, in den die Druckköpfe der vorliegenden Erfindung zum Drucken auf ein Medium installiert sein können.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0023] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Typs einer Tintenstrahldruckkassette **10**, die die Druckkopfstrukturen der vorliegenden Erfindung einlagern kann. Die Druckkassette **10** aus [Fig. 1](#) ist der Typ, der eine wesentliche Tintenmenge innerhalb seines Körpers **12** enthält, aber eine andere geeignete Druckkassette kann der Typ sein, der Tinte von einem externen Tintenvorrat empfängt, der entweder an dem Druckkopf befestigt ist oder mit dem Druckkopf über eine Röhre verbunden ist.

[0024] Die Tinte wird zu einem Druckkopf **14** geliefert. Druckkopf **14**, der später detailliert beschrieben wird, leitet die Tinte kanalmäßig in Tintenausstoßkammern, wobei jede Kammer ein Tintenausstoßelement enthält. Elektrische Signale werden zu Kontakten **16** geliefert, um die Tintenausstoßelemente individuell mit Energie zu versorgen, um ein Tintentröpfchen durch eine zugeordnete Düse **18** auszustoßen.

Die Struktur und Operation von herkömmlichen Druckkassetten ist sehr gut bekannt.

[0025] [Fig. 2](#) ist eine Querschnittsansicht eines Abschnitts des Druckkopfs aus [Fig. 1](#), entnommen entlang Linie 2-2 in [Fig. 1](#). Obwohl ein Druckkopf **300** oder mehr Düsen und zugeordnete Tintenausstoßkammern aufweisen kann, müssen die Details von nur einer einzelnen Tintenausstoßkammer beschrieben werden, um die Erfindung zu verstehen. Durchschnittsfachleute auf dem Gebiet sollten ebenfalls erkennen, dass viele Druckköpfe auf einem einzelnen Siliziumwafer gebildet werden und dann voneinander unter Verwendung herkömmlicher Techniken getrennt werden.

[0026] In [Fig. 2](#) weist ein Siliziumsubstrat **20** gebildet auf demselben verschiedene Dünnfilmschichten **22** auf, die später detailliert beschrieben werden. Die Dünnfilmschichten **22** umfassen eine resistive Schicht zum Bilden von Widerständen **24**. Andere Dünnfilmschichten führen verschiedene Funktionen aus, wie z. B. das Bereitstellen einer elektrischen Isolierung von dem Substrat **20**, das Liefern eines thermisch leitfähigen Wegs von den Heizerwiderstandselementen zu dem Substrat **20** und das Bereitstellen elektrischer Leiter zu den Widerstandselementen. Ein elektrischer Leiter **25** ist gezeigt, der zu einem Ende eines Widerstands **24** führt. Ein ähnlicher Leiter führt zu dem anderen Ende des Widerstands **24**. Bei einem tatsächlichen Ausführungsbeispiel wären die Widerstände und Leiter in einer Kammer durch die darüber liegenden Schichten verdeckt.

[0027] Tintenzuführlöcher **26** sind vollständig durch die Dünnfilmschichten **22** gebildet. Es können mehrere Löcher pro Kammer vorliegen. Alternativ kann ein Verteiler in der Lochschicht **28** gebildet sein zum Liefern eines gemeinsamen Tintenkanals für eine Reihe aus Tintenausstoßkammern **30**.

[0028] Eine Lochschicht **28** ist über der Oberfläche der Dünnfilmschichten **22** aufgebracht und geätzt, um Tintenausstoßkammern **30** zu bilden, eine Kammer pro Widerstand **24**. Düsen **34** können unter Verwendung herkömmlicher photolithographischer Techniken gebildet werden.

[0029] Das Siliziumsubstrat **20** wird geätzt, um einen Graben **36** zu bilden, der sich entlang der Länge der Reihe von Tintenzuführlöchern **26** erstreckt, so dass Tinte **38** aus einem Tintenreservoir in die Tintenzuführlöcher **26** eintreten kann zum Liefern von Tinte zu den Tintenausstoßkammern **30**. Ein Zwei-Schritt-Ätzprozess, der nachfolgend beschrieben wird, wird verwendet, um die Ränder des Grabens **36** präzise mit den Tintenzuführlöchern **26** auszurichten.

[0030] Bei einem Ausführungsbeispiel ist jeder

Druckkopf ungefähr ein halbes Zoll lang und enthält zwei versetzte Düsenreihen, wobei jede Reihe **150** Düsen für insgesamt 300 Düsen pro Druckkopf enthält. Der Druckkopf kann somit bei einer Einzeldurchlaufauflösung von 600 Punkten pro Zoll (dpi; dots per inch) entlang der Richtung der Düsenzeile drucken oder bei einer größeren Auflösung in mehreren Durchläufen drucken. Höhere Auflösungen können ebenfalls entlang der Bewegungsrichtung des Druckkopfs gedruckt werden. Auflösungen von 1.200 oder mehr dpi können unter Verwendung der vorliegenden Erfindung erreicht werden.

[0031] In Betrieb wird ein elektrisches Signal zu dem Heizerwiderstand **24** geliefert, der einen Teil der Tinte verdampft, um eine Blase innerhalb der Tintenausstoßkammer **30** zu bilden. Die Blase treibt ein Tintentröpfchen durch eine zugeordnete Düse **34** auf ein Medium. Die Tintenausstoßkammer wird dann durch Kapillaraktion wieder gefüllt.

[0032] [Fig. 3](#) ist eine Ansicht von oben nach unten von dem Druckkopf aus [Fig. 2](#), die zwei parallele Arrays von Tintenausstoßkammern zeigt, gebildet in dem Druckkopf. Die Tintenausstoßkammern **30** in den zwei Reihen können versetzt sein. Elemente in den verschiedenen Figuren, die durch die gleichen Bezugszeichen bezeichnet werden, können ähnlich oder identisch sein.

[0033] Das Dünnschichtschelf über dem Graben wird als eine Membran bezeichnet. Die Breite dieser Membran ist in [Fig. 3](#) durch die gestrichelten Linien **40** gezeigt. Das bestimmte Verfahren zum Bilden des Druckkopfs aus [Fig. 2](#) verwendet einen Zweischritt-Grabenätzprozess. Das erste Grabenätzen führt zu einer Membranbreite, gezeigt durch gestrichelte Linien **42**, die schmaler ist als die Endmembranbreite **40**. Wie nachfolgend beschrieben wird, ermöglicht dies, dass die Maske für das erste Grabenätzen eine sehr lockere Toleranz aufweist. Die Grabenseitenwände nach dem zweiten Grabenätzen sind selbst-ausgerichtet mit den Tintenzuführlöchern **26**, definiert durch die Dünnschichtschichten.

[0034] [Fig. 4](#) ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie 4-4 in [Fig. 2](#), die den zusätzlichen Abschnitt des Druckkopfs zeigt, der die zweite Reihe aus Tintenausstoßkammern enthält. Die Dünnschichtschichten **22**, die die Widerstände **24** umfassen, sind vereinfacht gezeigt. Zusätzliche Details von [Fig. 4](#) werden Bezug nehmend auf [Fig. 5](#) und [Fig. 6A–Fig. 6G](#) erläutert.

[0035] [Fig. 5](#) ist eine Querschnittsansicht entlang Linie 4-4 aus [Fig. 2](#), die eine einzelne Tintenausstoßkammer und die zugeordnete Struktur des Druckkopfs zeigt. [Fig. 5](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel der individuellen Dünnschichtschichten, und [Fig. 6A–Fig. 6G](#) zeigen verschiedene Schritte, die zum Herstellen des

Druckkopfs aus [Fig. 2–Fig. 5](#) verwendet werden. Herkömmliche Aufbringungs-, Maskierungs- und Ätz-Schritte werden verwendet, außer anderweitig angegeben.

[0036] In [Fig. 6A](#) ist ein Siliziumsubstrat **20** mit einer kristallinen Orientierung von $\langle 100 \rangle$ in eine Vakuumkammer platziert. Das Volumensilizium ist ungefähr 675 Mikrometer dick.

[0037] Eine Feldoxidschicht **46** mit einer Dicke von 1,2 Mikrometern ist über dem Siliziumsubstrat **20** unter Verwendung von herkömmlichen Techniken gebildet. Eine Phosphorsilikatglas-(PSG)-Schicht **48** mit einer Dicke von 0,5 Mikrometern wird dann über die Feldoxidschicht **46** unter Verwendung herkömmlichen Techniken aufgebracht.

[0038] Eine Maske **49** wird über der PSG-Schicht **48** unter Verwendung herkömmlicher photolithographischer Techniken gebildet. Die Maske **49** ist ebenfalls in [Fig. 3](#) und [Fig. 7](#) gezeigt. Die PSG-Schicht **48** wird dann unter Verwendung von herkömmlichem reaktiven Ionenätzen (RIE; reactive ion etching) geätzt, um die PSG-Schicht **48** zurück von dem nachfolgend gebildeten Tintenzuführloch zu ziehen. Dies schützt die PSG-Schicht **48** vor Tinte.

[0039] Eine Bor-PSG- oder Bor-TEOS-(BTEOS-)Schicht kann anstelle der PSG-Schicht **48** verwendet werden und auf ähnliche Weise zu dem Ätzen von Schicht **48** geätzt werden.

[0040] In [Fig. 6B](#) ist die Maske **49** entfernt und eine resistive Schicht **50** z. B. aus Tantalaluminium (TaAl) mit einer Dicke von 0,1 Mikrometern wird dann über die PSG-Schicht **48** aufgebracht. Andere bekannte resistive Schichten können ebenfalls verwendet werden. Eine leitfähige Schicht **25** aus AlCu wird dann über das TaAl aufgebracht. Eine Maske **54** wird aufgebracht und strukturiert unter Verwendung herkömmlicher photolithographischer Techniken, und die leitfähige Schicht **25** und die resistive Schicht **50** werden unter Verwendung herkömmlicher IC-Herstellungstechniken geätzt. Ein anderer Maskierungs- und Ätz-Schritt (nicht gezeigt) wird verwendet, um die Abschnitte des AlCu über den Heizerwiderständen **24** zu entfernen, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Die resultierenden AlCu-Leiter sind außerhalb des Betrachtungsfeldes von [Fig. 6A–Fig. 6G](#).

[0041] Das Ätzen der leitfähigen Schicht **25** und der resistiven Schicht **50** definiert eine erste Widerstandsabmessung (z. B. eine Breite). Eine zweite Widerstandsabmessung (z. B. eine Länge) wird definiert durch Ätzen der leitfähigen Schicht **25**, um zu verursachen, dass der resistive Abschnitt durch die leitfähigen Spuren an zwei Enden kontaktiert wird. Diese Technik des Bildens von Widerständen und elektrischen Leitern ist in der Technik gut bekannt.

Die leitfähigen Spuren werden gebildet, um sich nicht über die Mitte des Druckkopfs zu erstrecken, laufen aber entlang der Ränder.

[0042] Eine angemessene Adressierungsschaltungsanordnung und Anschlussflächen sind auf dem Substrat **20** vorgesehen zum Liefern von Energieversorgungssignalen zu den Widerständen **24**.

[0043] In [Fig. 6C](#) ist über den Widerständen **24** und der leitfähigen Schicht **25** eine Siliziumnitridschicht **56** mit einer Dicke von 0,5 Mikrometern gebildet. Diese Schicht liefert eine Isolierung und Passivierung.

[0044] Über der Nitridschicht **56** ist eine Siliziumcarbidsschicht **58** mit einer Dicke von 0,25 Mikrometern gebildet, um eine zusätzliche Isolierung und Passivierung zu liefern. Die Nitridschicht **56** und Carbidsschicht **58** schützen nun die PSG-Schicht **48** vor der Tinte und dem Ätzmittel. Andere dielektrische Schichten können anstelle von Nitrid und Karbid verwendet werden.

[0045] Die Passivierungsschichten werden dann maskiert (außerhalb des Sichtfeldes) und geätzt unter Verwendung von herkömmlichen Techniken, um Abschnitte der leitfähigen Schicht **25** für einen elektrischen Kontakt mit einer nachfolgenden leitfähigen Goldschicht freizulegen, um Masseleitungen zu liefern.

[0046] Eine Blasenkavitationsschicht **60** aus Tantal (Ta) wird dann über der Carbidsschicht **58** gebildet. Gold (Au) **62** wird über die Tantalschicht **60** aufgebracht und geätzt, um die Masseleitungen zu bilden, die elektrisch mit bestimmten der Spuren der leitfähigen Schicht **25** verbunden sind. Die Masseleitungen enden in Verbindungsanschlussflächen entlang der Ränder des Substrats **20**.

[0047] Die AlCu- und Gold-Leiter können mit Transistoren gekoppelt sein, die auf der Substratoberfläche gebildet sind. Solche Transistoren sind in dem U.S.-Patent Nr. 5,648,806 beschrieben, wie vorangehend erwähnt wurde.

[0048] In [Fig. 6D](#) ist eine Maske **66** strukturiert, um einen Abschnitt der Dünnschichten freizulegen, um geätzt zu werden, um die Tintenzuführlöcher **26** zu bilden ([Fig. 2](#)). Alternativ können mehrere Maskier- und Ätz-Schritte verwendet werden, wenn die verschiedenen Dünnschichten gebildet werden, um die Tintenzuführlöcher zu ätzen.

[0049] Die Dünnschichten werden dann unter Verwendung eines anisotropen Ätzens geätzt. Dieser Tintenzuführloch-Ätzprozess kann eine Kombination aus verschiedenen Typen von Ätzweisen sein (RIE oder nass). Das Ätzen durch die Dünnschichten kann herkömmliche IC-Herstellungstechniken ver-

wenden. Der resultierende Wafer nach dem Ätzen ist in [Fig. 6E](#) gezeigt.

[0050] Wenn der Graben **36** aus [Fig. 2](#) gebildet wird, ist es schwierig, die Hinterseiten-Grabenmaske perfekt mit den Tintenzuführlöchern **26** auszurichten. Der Herstellungsprozess, der nachfolgend beschrieben wird, umfasst eine Technik zu Ausrichten des Grabens **36** mit den Tintenzuführlöchern **26**.

[0051] In [Fig. 6F](#) ist eine Vorderseiten-Schutzschicht **70** aufgebracht und gebildet unter Verwendung herkömmlicher photolithographischer Techniken. Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Schutzschicht **70** ein Plasma-TEOS mit einer Dicke (z. B. 1.000 Angström), die dünn genug ist, so dass sie schnell und einfach durch ein gepuffertes Oxidätzen entfernt werden kann (BOE), aber dick genug ist, dass sie einem Einfluss von TMAH-(Tetramethylammoniumhydroxid-) Ätzmittel durch die gesamten 15 Stunden Grabenätzen widerstehen kann. Die Schutzschicht **70** kann jegliches geeignete Material sein, einschließlich Oxiden, Nitriden und Oxinitriden. Eine Maske für diese Operation wäre die Inverse der Tintenzuführlochmaske und etwas mehr vorgespannt, um sicherzustellen, dass die gesamte Tintenzuführlochöffnung mit einer Schutzschicht **70** abgedeckt bleibt. [Fig. 3](#) zeigt die Maskengrenze der Schutzschicht **70**.

[0052] Bezug nehmend auf [Fig. 6G](#) wird dann eine Lochschicht **28** aufgebracht und gebildet. Die Lochschicht **28** kann aus einem aufgeschleuderten Epoxyd gebildet sein, genannt SU8. Die Lochschicht **28** kann alternativ laminiert oder durch Siebdruck aufgebracht sein. Die Lochschicht bei einem Ausführungsbeispiel ist ungefähr 20 Mikrometer. Die Tintenkamern **30** ([Fig. 2](#)) und Düsen **34** sind durch Photolithographie gebildet. Bei einer Technik „härtet“ eine erste Maske unter Verwendung einer halben Dosis UV-Strahlung die obere Oberfläche des SU8 außer an Positionen, wo die Düsen **34** gebildet werden sollen. Eine zweite Maske unter Verwendung einer vollen UV-Dosis legt dann das SU8 in jenen Bereichen frei, wo weder Düsen **34** noch Tintenausstoßkamern **30** gebildet werden sollen. Nach diesen zwei Freilegungen wird SU8 entwickelt und die gehärteten Abschnitte bleiben aber die Düsenabschnitte und die Tintenausstoßkammerabschnitte des SU8 werden entfernt.

[0053] Die Dünnschichten und gebildete Lochschicht **28** sind in [Fig. 4](#) gezeigt.

[0054] Die Rückseite des Wafers wird dann maskiert (durch Maske **76**) unter Verwendung herkömmlicher Techniken, um den Abschnitt der Rückseite des Wafers freizulegen, der dem TMAH-Grabenätzen ausgesetzt werden soll. Die Rückseitenmaske **76** kann eine FOX-Hartmaske sein, gebildet unter Ver-

wendung herkömmlicher photolithographischer Techniken. Der Wafer wird in das nasse TMAH-Ätzmittel eingetaucht, das das Winkelprofil bildet (auch definiert durch die gestrichelten Linien **78**), gezeigt in [Fig. 4](#). Dieses erste Ätzen wird ausgeführt für eine Zeit, die ausreichend ist, um durch die FOX-Schicht **46** und die Schutzschicht **70** zu ätzen. Der Abschnitt der gestrichelten Linien **78** der Grabenwände nach dem ersten Ätzen erstreckt sich bis in den Tintenzuführlochbereich. Die resultierende Membranbreite zwischen den Grabenwänden ist in [Fig. 3](#) durch die gestrichelten Linien **42** gezeigt. Die Grabenbreite ist üblicherweise weniger als 200 Mikrometer und ist bei einem Ausführungsbeispiel zwischen 20–60 Mikrometer. Die Rückseitenmaskierung kann um eine große Spanne fehlausgerichtet sein. Eine solche Fehlausrichtung würde normalerweise den Bereich des Tintenzuführlochs einschränken und eine negative Auswirkung auf die Fluideigenschaften des Druckkopfs haben. Der unten beschriebene Prozess vermeidet jedoch jegliche nachteiligen Wirkungen einer solchen Fehlausrichtung.

[0055] Der Wafer wird dann in eine BOE-Lösung platziert, die die Schutzschicht **70** entfernt. Ein „Strich“-Bild der Schutzschicht **70** ist in [Fig. 4](#) gezeigt.

[0056] Der Wafer wird wiederum einem TMAH-Nassätzen unterzogen, wobei das Ätzmittel nun den Abschnitt des Siliziums kontaktiert, das durch die Tintenzuführlöcher **26** freigelegt wird. Dies erzeugt schon an sich das gewinkelte Ätzen selbstausgerichtet mit dem Rand des Tintenzuführlochs **26**, gezeigt in [Fig. 4](#). Während dieses zweiten Grabenätzens verbreitert sich der Graben mit schneller Geschwindigkeit, bis er den Rand der Tintenzuführlöcher erreicht. [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) zeigen die erste Grabenätzung absichtlich falschausgerichtet (siehe Linien **42** in [Fig. 3](#)) im Hinblick auf die Tintenzuführlöcher **26**, um zu zeigen, dass der resultierende Graben, nach dem zweiten Ätzen, die Grabenränder ausgerichtet mit den Tintenzuführlöchern aufweist (siehe Linien **40** in [Fig. 3](#)).

[0057] Der Graben **36** erstreckt sich bei einem Ausführungsbeispiel entlang der Länge einer Reihe aus Tintenausstoßkammern. Jegliche von verschiedenen Ätztechniken könnte verwendet werden, nass oder trocken. Beispiele von Trockenätzmitteln umfassen XeF_2 und SiF_6 . Beispiele von entsprechenden Nassätzmitteln umfassen Ethylendiaminpyrocatecol (EDP), Kaliumhydroxid (KOH) und TMAH. Andere Ätzmittel können ebenfalls verwendet werden. Jegliche dieser oder eine Kombination derselben könnte für diese Anwendung verwendet werden.

[0058] Der resultierende Wafer wird dann gesägt, um die individuellen Druckköpfe zu bilden. Eine flexible Schaltung wird verwendet, um elektrischen Zu-

griff auf die Leiter an dem Druckkopf zu liefern. Die resultierende Anordnung wird dann an eine Kunststoffdruckkassette befestigt, wie die, die in [Fig. 1](#) gezeigt ist, und der Druckkopf wird im Hinblick auf den Druckkassettenkörper abgedichtet, um ein Tintenlecken zu verhindern.

[0059] Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Lochschicht **28** gebildet, um auch Pfosten **80**, **82** ([Fig. 4](#)) bereitzustellen, zum Blockieren relativ großer Tintenpartikel, in die Kammer **30** einzutreten. [Fig. 3](#) stellt vier solche Pfosten in gestricheltem Umriss für jede Kammer dar. Die Pfosten **80**, **82** können durch die selben Techniken gebildet werden, die verwendet werden, um die Kammern **30** zu bilden.

[0060] Der Graben **36** kann sich entlang der Länge des Druckkopfs erstrecken, oder um die mechanische Festigkeit des Druckkopfs zu verbessern, nur einen Abschnitt der Länge des Druckkopfs unter den Tintenausstoßkammern erstrecken. Eine Passivierungsschicht kann auf das Substrat **20** aufgebracht werden, wenn die Reaktion des Substrats der Tinte Bedenken gibt.

[0061] [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) stellen ein alternatives Ausführungsbeispiel der Erfindung dar, gebildet durch Schritte, praktisch identisch zu den Schritten, die in [Fig. 4](#) – [Fig. 6G](#) gezeigt sind, außer dass das Tintenzuführlochätzen der Dünnfilmschichten sich über den mittleren Abschnitt des Druckkopfs erstreckt und die Lochschicht **85** verwendet wird, um Tintenlochgrenzen zu definieren.

[0062] Wie in [Fig. 7](#) ersichtlich ist, erstreckt sich die Tintenzuführlochmaske **86** zwischen zwei gegenüberliegenden Tintenausstoßkammern **30**, und die Vorderseitenschutzmaske **88** ist etwas größer. Schmale Dünnfilmwände trennen die geätzten Bereiche in dem mittleren Abschnitt des Druckkopfs.

[0063] [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) stellen eine Variation der Strukturen aus [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) dar, wo eine Tintenzuführlochmaske **92**, gefolgt durch ein Ätzen, verwendet wird, um eine große zentrale rechteckige Öffnung **89** in den Dünnfilmschichten **22** zu bilden. Eine Vorderseiten-Schutzmaske **24** wird verwendet, um die Schutzschicht **96** zu bilden ([Fig. 10](#)). Die Lochschicht **85** bildet einen Teil der Grenze der Tintenzuführlöcher.

[0064] [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) stellen eine Variation der Prozesse dar, die oben beschrieben sind, wo keine separate Schutzschicht gebildet wird. Bei diesem Prozess wirkt die FOX-Schicht **46** (ebenfalls gezeigt in [Fig. 6A](#)) als die Schutzschicht in den Tintenzuführlochbereichen. Im Gegensatz zu [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) werden die Dünnfilmschichten nur hinunter bis zu der FOX-Schicht **46** geätzt, unter Verwendung herkömmlicher Techniken. Nach dem ersten Grabenätzen wer-

den die Grabenwände **78** nur grob mit den Tintenzuführlöchern ausgerichtet. Die freigelegte FOX-Schicht **46** wird dann unter Verwendung von BOE oder einem anderen geeigneten Ätzmittel entfernt (die entfernte FOX-Schicht ist in gestricheltem Umriss in [Fig. 12](#) gezeigt). Ein zweites Grabenätzen wird ausgeführt, wie vorher, das dazu führt, dass die Grabenwände mit den Dünnschichtöffnungen ausgerichtet werden. Obwohl die Tintenzuführlochmaske **86** derart gezeigt ist, dass sie ähnlich zu der aus [Fig. 7](#) ist, können die Tintenzuführlochmasken aus [Fig. 3](#) und [Fig. 9](#) ebenfalls verwendet werden. Der Prozess aus [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) spart beträchtlichen Aufwand beim Verarbeiten von Wafern durch Beseitigen der Bildung einer separaten Schutzschicht.

[0065] Ein kurzes Membranschelf, das über den Grabenwänden hängt, ist in den verschiedenen Figuren gezeigt, um darzustellen, dass die zweite Ätzzeit nicht kritisch ist. Nachdem die Grabenwände vorbei an den Dünnschichtöffnungen geätzt wurden, wird das Ätzen des Substrats bedeutend langsamer.

[0066] Ein Fachmann auf dem Gebiet der Herstellung von integrierten Schaltungen würde die verschiedenen Techniken verstehen, die zum Bilden der Druckkopfstrukturen verwendet werden, die hierin beschrieben sind. Die Dünnschichtschichten und ihre Dicken können Variiert werden, und einige Schichten können beseitigt werden, während weiterhin die Vorteile der vorliegenden Erfindung erhalten werden. Zusätzliche Tintenzuführlochmuster werden ebenfalls betrachtet.

[0067] [Fig. 13](#) stellt ein Ausführungsbeispiel eines Tintenstrahl Druckers **130** dar, der die Erfindung umfassen kann. Zahlreiche andere Entwürfe von Tintenstrahl Druckern können ebenfalls zusammen mit dieser Erfindung verwendet werden. Zusätzliche Details eines Tintenstrahl Druckers finden sich in dem US-Patent Nr. 5,852,459 an Norman Pawlowski u. a., das hierin durch Bezugnahme aufgenommen ist.

[0068] Ein Tintenstrahl drucker **130** umfasst eine Eingabeablage **132**, die Blätter aus Papier **134** enthält, die durch eine Druckzone **135** weitergeleitet werden, unter Verwendung von Rollen **137**, um bedruckt zu werden. Das Papier **134** wird dann zu einer Ausgabeablage **136** weitergeleitet. Ein bewegbarer Wagen **138** hält Druckkassetten **140–143**, die jeweils cyanfarbene (C), schwarze (K), magentafarbene (M) und gelbe (Y) Tinte drucken.

[0069] Bei einem Ausführungsbeispiel werden Tinten in austauschbaren Tintenkasnetten **146** zu ihren zugeordneten Druckkassetten über flexible Tintentröhen **148** geleitet. Die Druckkassetten können ebenfalls von dem Typ sein, der einen wesentlichen Fluidvorrat enthält und können wiederauffüllbar oder nicht wiederauffüllbar sein. Bei einem anderen Aus-

führungsbeispiel sind die Tintenvorräte getrennt von den Druckkopfab schnitten und sind entferntbar an den Druckköpfen in dem Wagen **138** befestigt.

[0070] Der Wagen **138** wird entlang einer Bewegungsachse bewegt durch ein herkömmliches Riemenscheibensystem und gleitet entlang einer Schieberstange **150**. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel ist der Wagen stationär und ein Array aus stationären Druckkassetten druckt auf ein sich bewegendes Blatt Papier.

[0071] Drucksignale von einem herkömmlichen externen Computer (z. B. einem PC) werden durch den Drucker **130** verarbeitet, um eine Bitmap der Punkte zu erzeugen, die gedruckt werden sollen. Die Bitmap wird dann in Abfeuersignale für die Druckköpfe umgewandelt. Die Position des Wagens **138**, wenn er rückwärts und vorwärts entlang der Bewegungsachse während des Druckens quert, wird bestimmt aus einem optischen Codierstreifen **152**, erfasst durch ein photoelektrisches Element an dem Wagen **138**, um zu verursachen, dass die verschiedenen Tintenausstoßelemente an jeder Druckkassette selektiv zu der entsprechenden Zeit während einer Wagenbewegung abgefeuert werden.

[0072] Der Druckkopf kann resistive, piezoelektrische oder andere Typen von Tintenausstoßelementen verwenden.

[0073] Wenn sich die Druckkassetten in dem Wagen **138** über ein Blatt Papier bewegen, überlappen Bänder, die durch die Druckkassetten gedruckt werden. Nach einem oder mehreren Bewegungsläufen wird das Blatt Papier **134** in einer Richtung hin zu der Ausgabeablage **136** geschoben und der Wagen **138** setzt das Bewegen fort.

[0074] Die vorliegende Erfindung ist gleichermaßen an alternative Drucksysteme anwendbar (nicht gezeigt), die alternative Medien und/oder Druckkopf bewegungsmechanismen verwenden, wie z. B. jene, die eine Schleifsandrad-, Rollenzuführ- oder Trommel- oder Vakuumriemen-Technik einlagern, um das Druckmedium relativ zu den Druckkopfanordnungen zu stützen und zu bewegen. Mit einem Schleifsandradentwurf bewegen ein Schleifsandrad und eine Andruckrolle das Medium rückwärts und vorwärts entlang einer Achse, während sich ein Wagen, der eine oder mehrere Druckkopfanordnungen trägt, vorbei an dem Medium entlang einer orthogonalen Achse bewegt. Bei einem Trommeldruckerentwurf ist das Medium an einer sich drehenden Trommel befestigt, die entlang der Achse gedreht wird, während sich ein Wagen, der eine oder mehrere Druckkopfanordnungen trägt, vorbei an dem Medium entlang einer orthogonalen Achse bewegt. Sowohl bei dem Trommel- als auch Schleifsandrad-Entwurf wird das Bewegen üblicherweise nicht auf eine Rückwärts- und Vor-

wärts-Weise ausgeführt, wie es für das System der Fall ist, das in [Fig. 13](#) gezeigt ist.

[0075] Mehrere Druckköpfe können auf einem einzelnen Substrat gebildet sein. Ferner kann sich ein Array aus Druckköpfen über die gesamte Breite einer Seite erstrecken, so dass kein Bewegen der Druckköpfe erforderlich ist; nur das Papier wird senkrecht zu dem Array verschoben.

[0076] Zusätzliche Druckkassetten in dem Wagen können andere Farben oder Fixierer umfassen.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Bilden einer Druckvorrichtung, das folgende Schritte aufweist:
Bereitstellen eines Druckkopfsubstrats (20);
Bilden einer Mehrzahl von Dünnschichten (22) auf einer ersten Oberfläche des Substrats, wobei zumindest eine der Schichten eine Mehrzahl von Tintenausstoßelementen (24) bildet;
Bilden von Tintenzuführöffnungen (26) durch zumindest einige der Dünnschichten;
Schaffen einer Schutzschicht (46, 70, 96) zwischen den Tintenzuführöffnungen und dem Substrat;
Maskieren (76) einer zweiten Oberfläche des Substrats, um ein Grabenätzen auszuführen;
Ätzen der zweiten Oberfläche des Substrats, um einen ersten Grabenabschnitt (78) zu bilden;
Entfernen der Schutzschicht zumindest zwischen den Tintenzuführöffnungen und dem Substrat; und
weiteres Ätzen der Abschnitte des Substrats, die durch die Tintenzuführöffnungen freigelegt sind, um im Wesentlichen ein Selbstausrichten der Kanten des Grabens (36) mit den Tintenzuführöffnungen auszuführen.

2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die Dünnschichten (22) eine Feldoxydschicht (46) umfassen, wobei die Schutzschicht ein Abschnitt der Feldoxydschicht ist, der verbleibt, nachdem die Dünnschichten geätzt wurden, um die Tintenzuführöffnungen (26) zu bilden.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Bereitstellen einer Schutzschicht das Bilden einer Schutzschicht (70, 96) innerhalb der Tintenzuführöffnungen (26) nach dem Bilden der Tintenzuführöffnungen aufweist.

4. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Bilden von Tintenzuführöffnungen (26) das Bilden von Öffnungen vollständig durch die Dünnschichten (22) aufweist.

5. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, das ferner das Bilden einer Austrittsschicht (28, 85) über den Dünnschichten (22) aufweist, wobei die Austrittsschicht eine Mehrzahl von Tintenausstoßkammern

(30) definiert, wobei jede Kammer innerhalb derselben ein Tintenausstoßelement (24) aufweist, wobei die Austrittsschicht ferner eine Düse (34) für jede Tintenausstoßkammer definiert.

6. Das Verfahren gemäß Anspruch 5, bei dem das Entfernen der Schutzschicht (46, 70, 96) das Ausführen eines Nassätzens derart aufweist, dass ein Nassätzmittel in die Kammern (30) eindringt und die Schutzschicht ätzt.

7. Das Verfahren gemäß Anspruch 5, bei dem ein Mittelabschnitt der Austrittsschicht (28) über einer Dünnschichtmembran liegt.

8. Das Verfahren gemäß Anspruch 5, bei dem die Austrittsschicht (85) Grenzen von Tintenzuführlöchern (26) definiert, die teilweise durch die Tintenzuführöffnungen gebildet sind.

9. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Schaffen einer Schutzschicht (70) das Aufbringen von TEOS aufweist.

10. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Schaffen einer Schutzschicht (46, 70, 96) das Aufbringen von Material aufweist, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Oxiden, Nitriden und Oxinitriden.

11. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Schaffen einer Schutzschicht das Bilden einer Schutzschicht (46, 70, 96) über einem größeren Bereich als dem Tintenzuführöffnungsbereich aufweist.

12. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Bilden von Tintenzuführöffnungen (26) das Bilden von Tintenzuführöffnungen nur in der Nähe von jedem Tintenausstoßelement (24) aufweist.

13. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Bilden von Tintenzuführöffnungen (26) das Bilden von länglichen Tintenzuführöffnungen (86) aufweist, die sich über einen Mittelabschnitt des Substrats (20) erstrecken.

14. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Bilden von Tintenzuführöffnungen (26) das Bilden einer rechteckigen Tintenzuführöffnung (92) in einem Mittelabschnitt des Substrats (20) aufweist.

15. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem eine Bodenschicht (46) aus Dünnschichten, direkt benachbart zu dem Substrat, und die Schutzschicht (46, 70, 96), als ein Ätzstopp für das Ätzen der zweiten Oberfläche des Substrats wirken, um den ersten Grabenabschnitt (78) zu bilden.

16. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Ätzen der zweiten Oberfläche des Substrats (20)

zum Bilden eines ersten Grabenabschnitts **(78)** das Ätzen des Substrats mit einer TMAH-Lösung aufweist, um eine gewinkelte Grabenkante im Hinblick auf die zweite Oberfläche zu bilden.

17. Ein Druckkopf während der Herstellung, der folgende Merkmale aufweist:
 ein Druckkopfsubstrat **(20)**;
 eine Mehrzahl von Dünnschichten **(22)**, die auf einer ersten Oberfläche des Substrats gebildet sind, wobei zumindest eine der Schichten eine Mehrzahl von Tintenausstoßelementen **(24)** bildet;
 Tintenzuführöffnungen **(26)**, die durch zumindest einige der Dünnschichten gebildet sind;
 eine Schutzschicht **(46, 70, 96)** zwischen den Tintenzuführöffnungen und dem Substrat;
 einen Graben **(78)**, der durch das Substrat zu der Schutzschicht zwischen den Tintenzuführöffnungen und dem Substrat geätzt ist, wobei die Schutzschicht zwischen den Tintenzuführöffnungen und dem Substrat dazu dient, entfernt zu werden, gefolgt von einem zweiten Grabenätzen, um einen Graben mit Wänden zu bilden, die im Wesentlichen mit den Tintenzuführöffnungen ausgerichtet sind.

18. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 17, bei der die Dünnschichten eine Feldoxidschicht **(46)** umfassen, wobei die Schutzschicht ein Abschnitt der Feldoxidschicht ist, der verbleibt, nachdem die Dünnschichten **(22)** geätzt werden.

19. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 17, bei der die Schutzschicht **(70, 96)** innerhalb der Tintenzuführöffnungen gebildet wird, nachdem die Tintenzuführöffnungen **(26)** gebildet werden.

20. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 17, bei der die Tintenzuführöffnungen **(26)** vollständig durch die Dünnschichten **(22)** gebildet sind.

21. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 17, die ferner eine Austrittsschicht **(28, 85)** aufweist, die über den Dünnschichten gebildet ist, wobei die Austrittsschicht eine Mehrzahl von Tintenausstoßkammern definiert, wobei jede Kammer in derselben ein Tintenausstoßelement aufweist, wobei die Austrittsschicht ferner eine Düse für jede Tintenausstoßkammer definiert.

22. Ein Verfahren zum Bilden eines Durchgangslochs, das folgende Schritte aufweist:
 Schaffen eines Substrats **(20)**;
 Bilden einer Mehrzahl von Dünnschichten **(22)** auf einer ersten Oberfläche des Substrats;
 Bilden von Öffnungen **(26)** durch zumindest einige der Dünnschichten;
 Schaffen einer Schutzschicht **(46, 70, 96)** zwischen den Öffnungen und dem Substrat;
 Maskieren **(76)** einer zweiten Oberfläche des Substrats, um ein Grabenätzen auszuführen;

Ätzen der zweiten Oberfläche des Substrats, um einen ersten Grabenabschnitt **(78)** zu bilden;
 Entfernen der Schutzschicht zwischen den Öffnungen und dem Substrat; und
 weiteres Ätzen der Abschnitte des Substrats, die durch die Öffnungen freiliegend sind, um im Wesentlichen ein Selbstausrichten der Kanten des Grabens **(36)** mit den Öffnungen auszuführen.

23. Das Verfahren gemäß Anspruch 22, bei dem die Dünnschichten **(22)** eine Feldoxidschicht **(46)** umfassen, wobei die Schutzschicht ein Abschnitt der Feldoxidschicht ist, der verbleibt, nachdem die Dünnschichten geätzt sind, um die Öffnungen **(26)** zu bilden.

24. Das Verfahren gemäß Anspruch 22, bei dem das Schaffen einer Schutzschicht das Bilden einer Schutzschicht **(70, 96)** innerhalb der Öffnungen aufweist, nachdem die Öffnungen gebildet sind.

25. Das Verfahren gemäß Anspruch 22, bei dem das Bilden von Öffnungen **(26)** das Bilden von Öffnungen vollständig durch die Dünnschichten **(22)** aufweist.

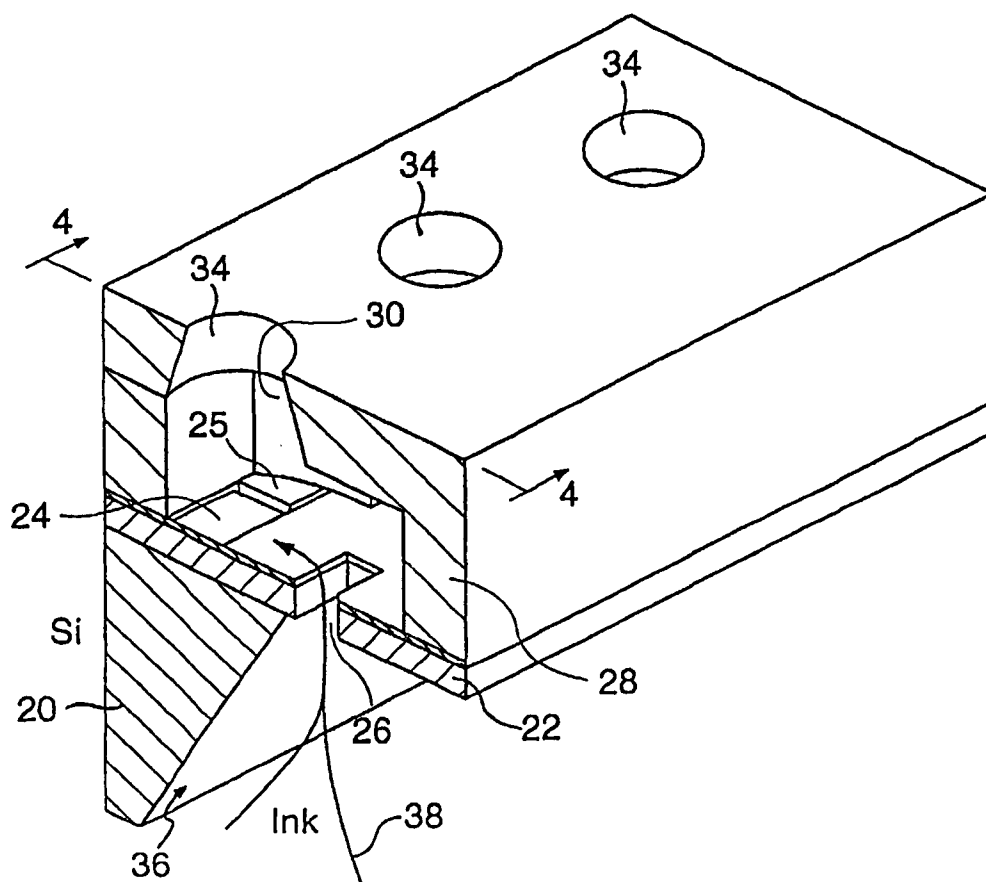
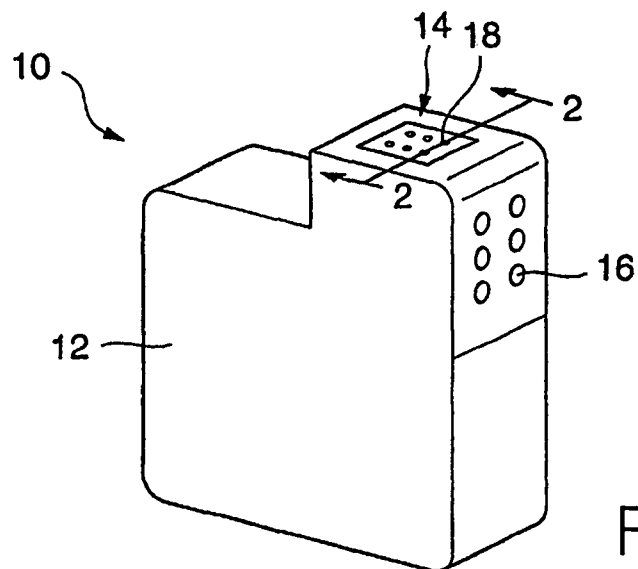
26. Das Verfahren gemäß Anspruch 22, bei dem das Schaffen einer Schutzschicht **(70, 96)** das Aufbringen von TEOS aufweist.

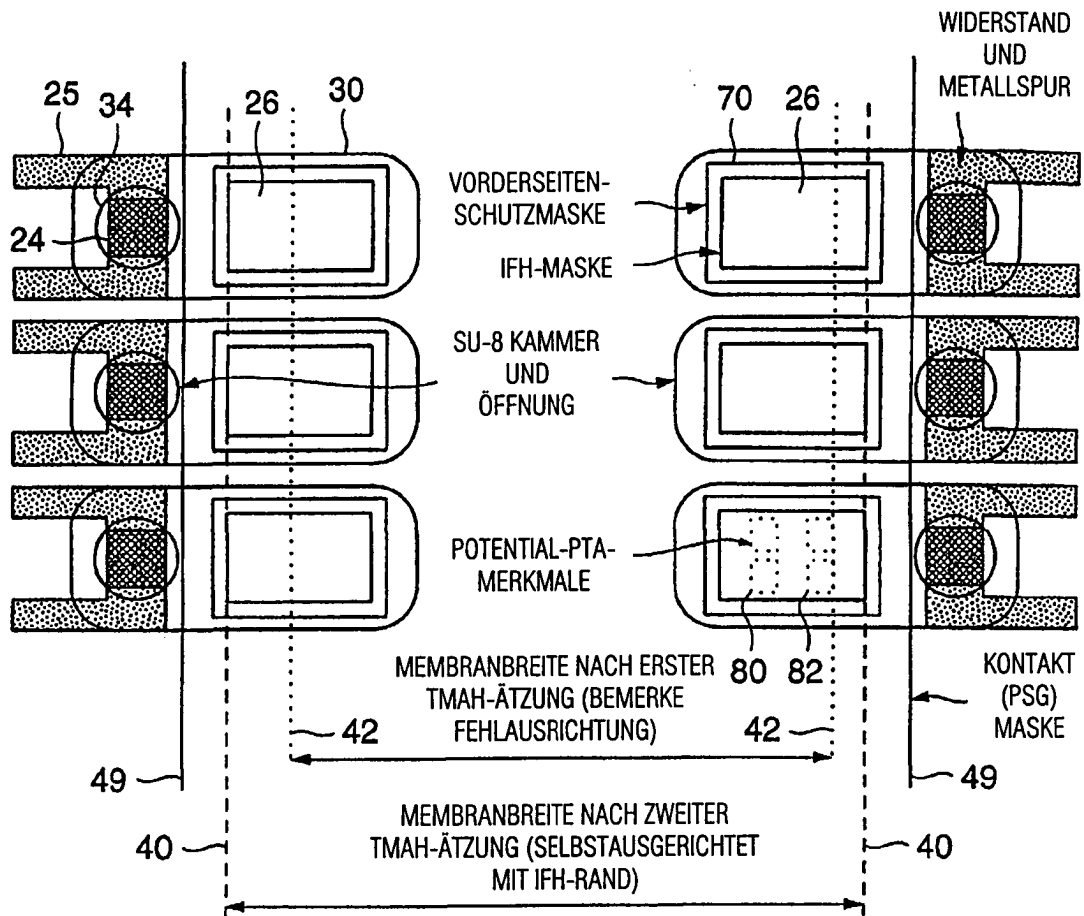
27. Das Verfahren gemäß Anspruch 22, bei dem das Schaffen einer Schutzschicht **(46, 70, 96)** das Aufbringen von Material aufweist, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Oxiden, Nitriden und Oxinitriden.

28. Das Verfahren gemäß Anspruch 22, bei dem das Schaffen einer Schutzschicht das Bilden einer Schutzschicht **(46, 70, 96)** über einem Bereich aufweist, der größer ist als ein Öffnungsbereich.

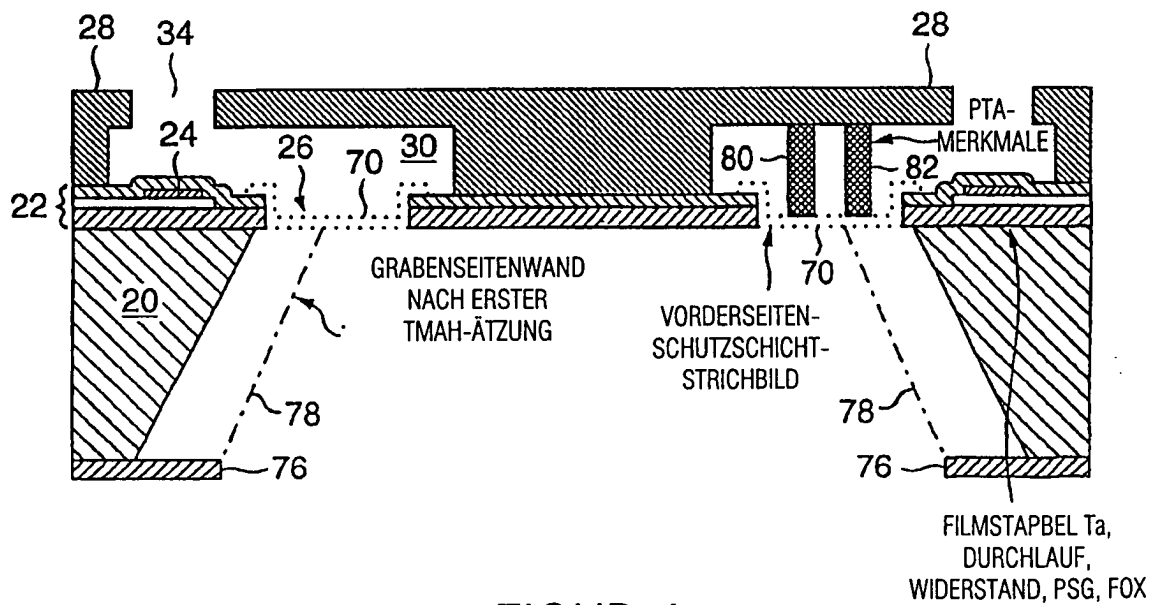
29. Das Verfahren gemäß Anspruch 22, bei dem das Ätzen der zweiten Oberfläche des Substrats **(20)** zum Bilden eines ersten Grabenabschnitts **(78)** das Ätzen des Substrats mit einer TMAH-Lösung aufweist, um eine gewinkelte Grabenkante im Hinblick auf die zweite Oberfläche zu bilden.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen





FIGUR 3



FIGUR 4

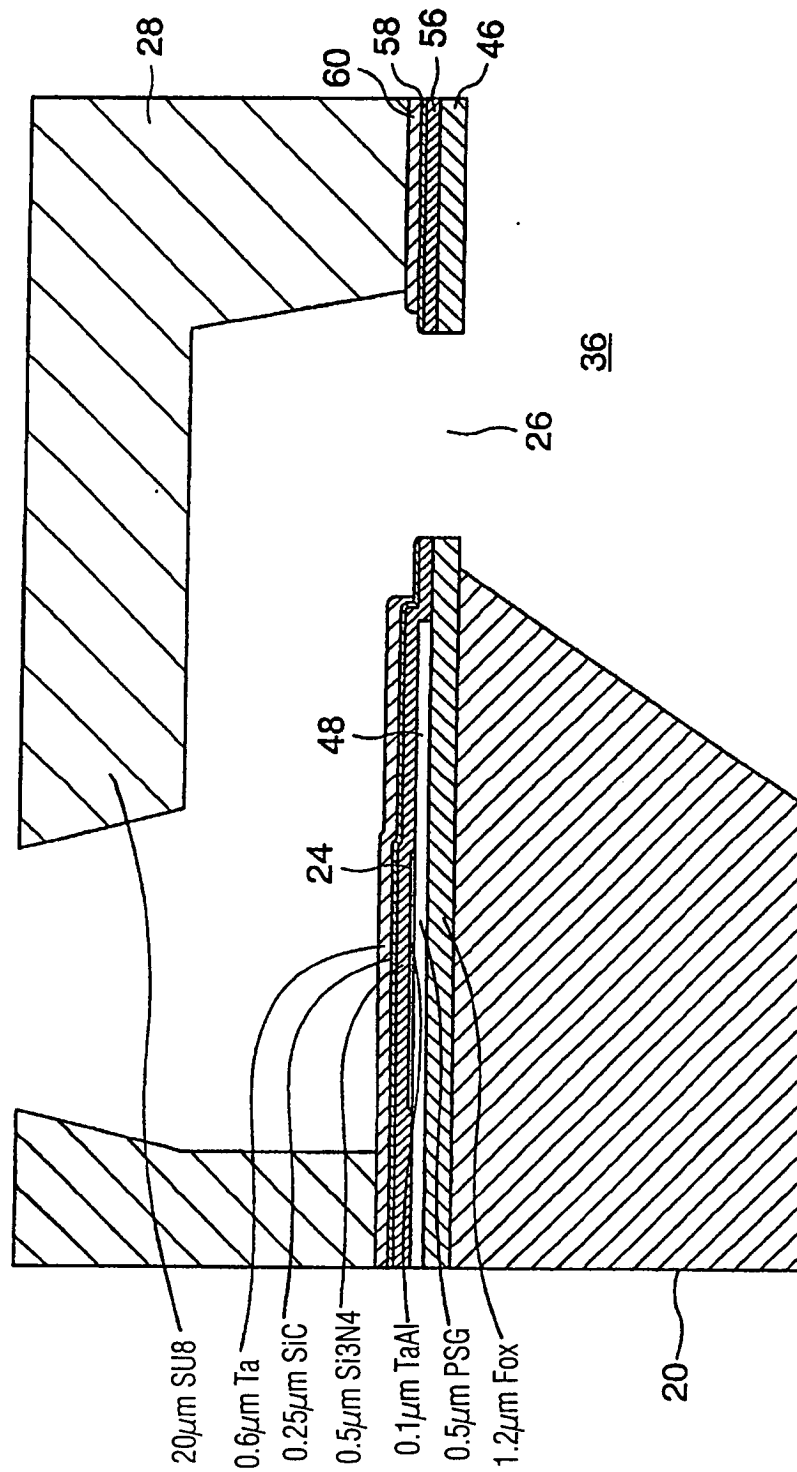
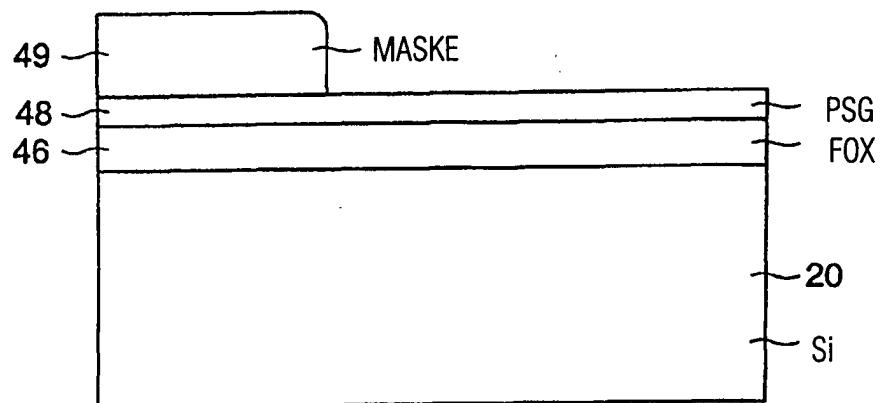
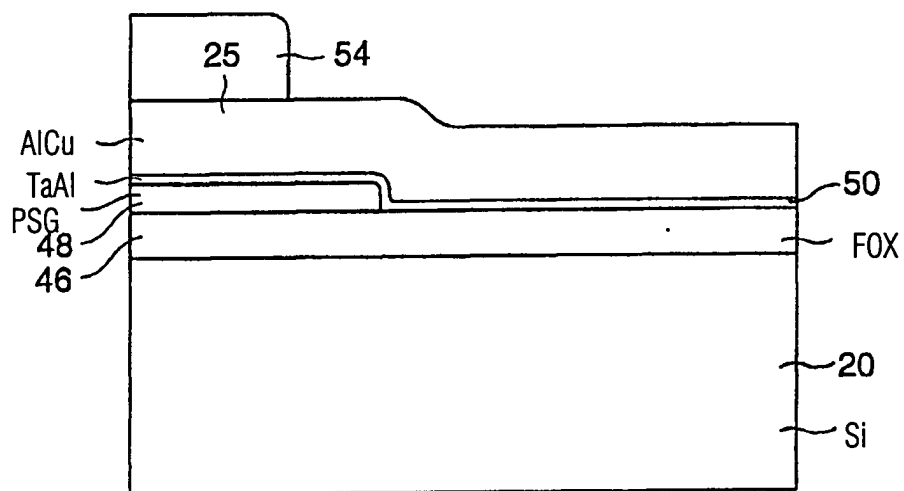


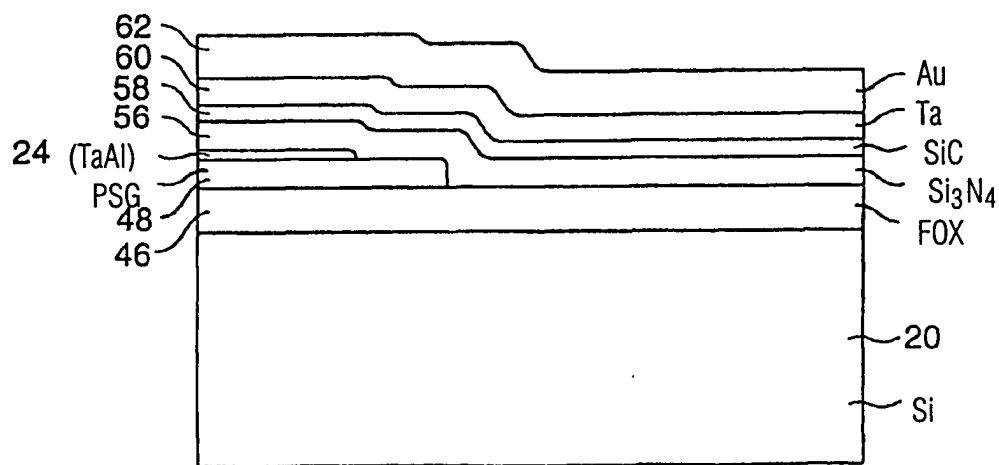
FIGURE 5



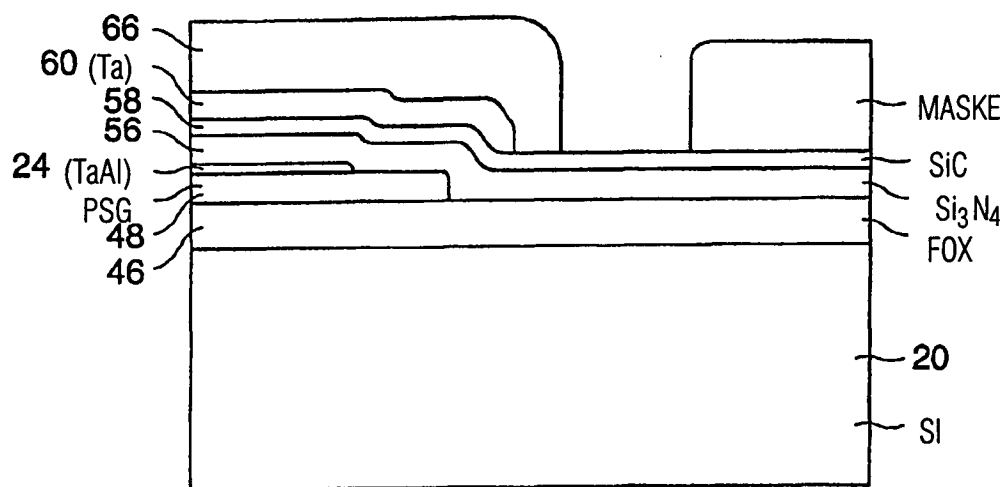
FIGUR 6A



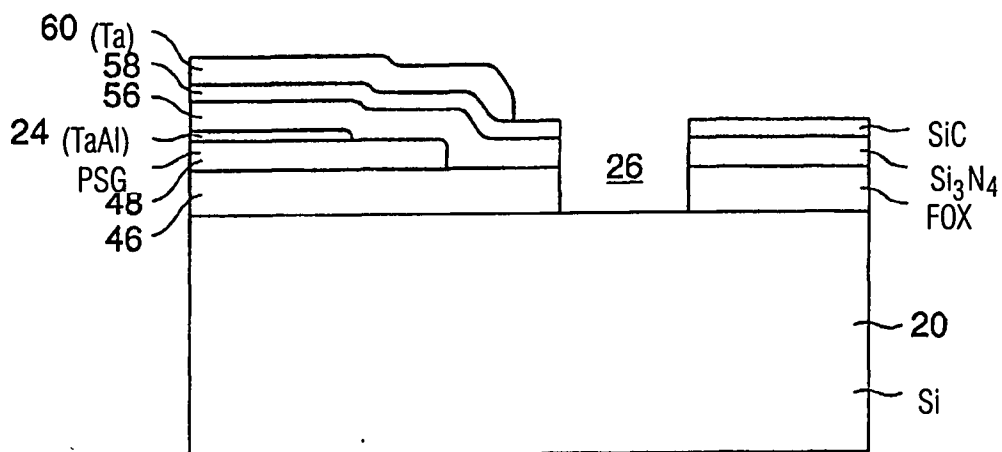
FIGUR 6B



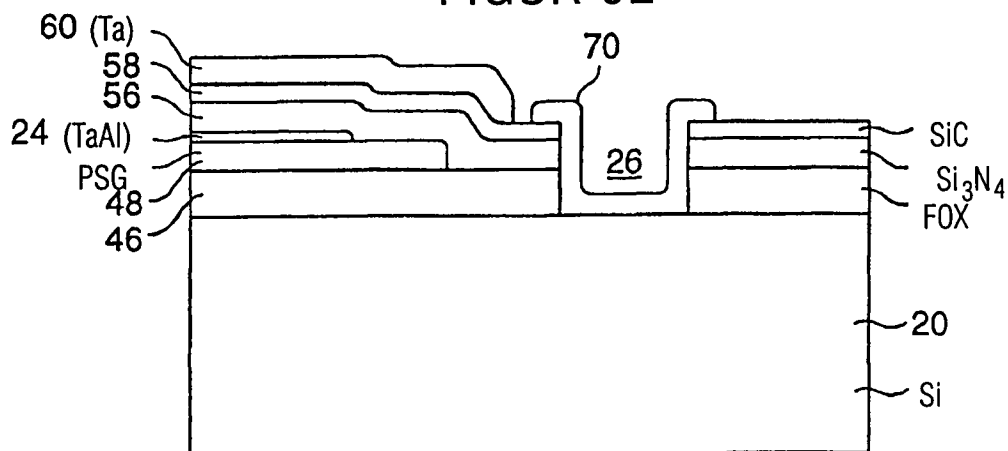
FIGUR 6C



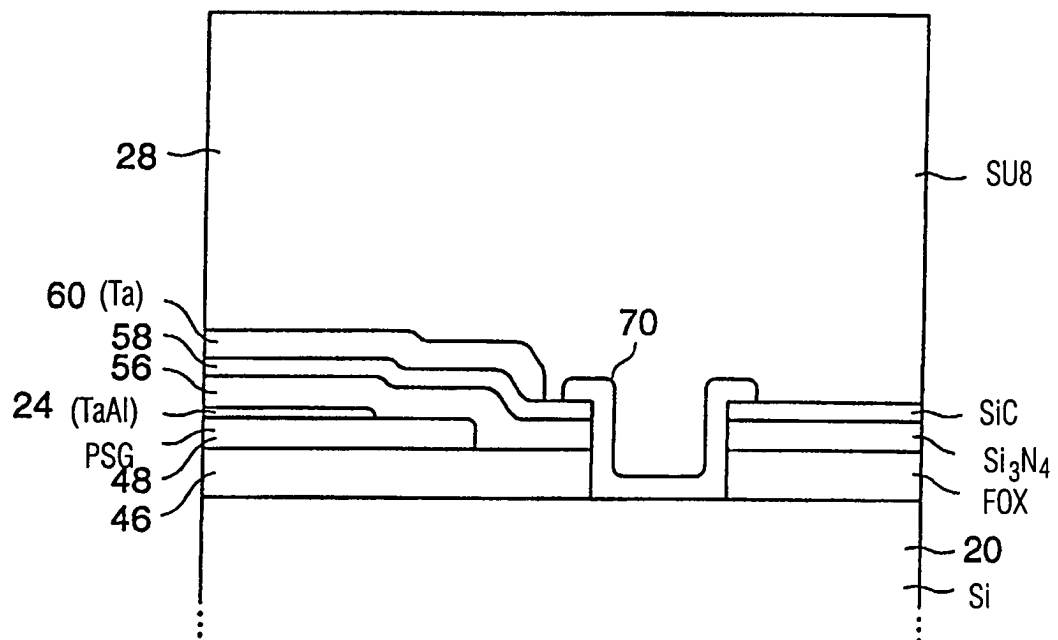
FIGUR 6D



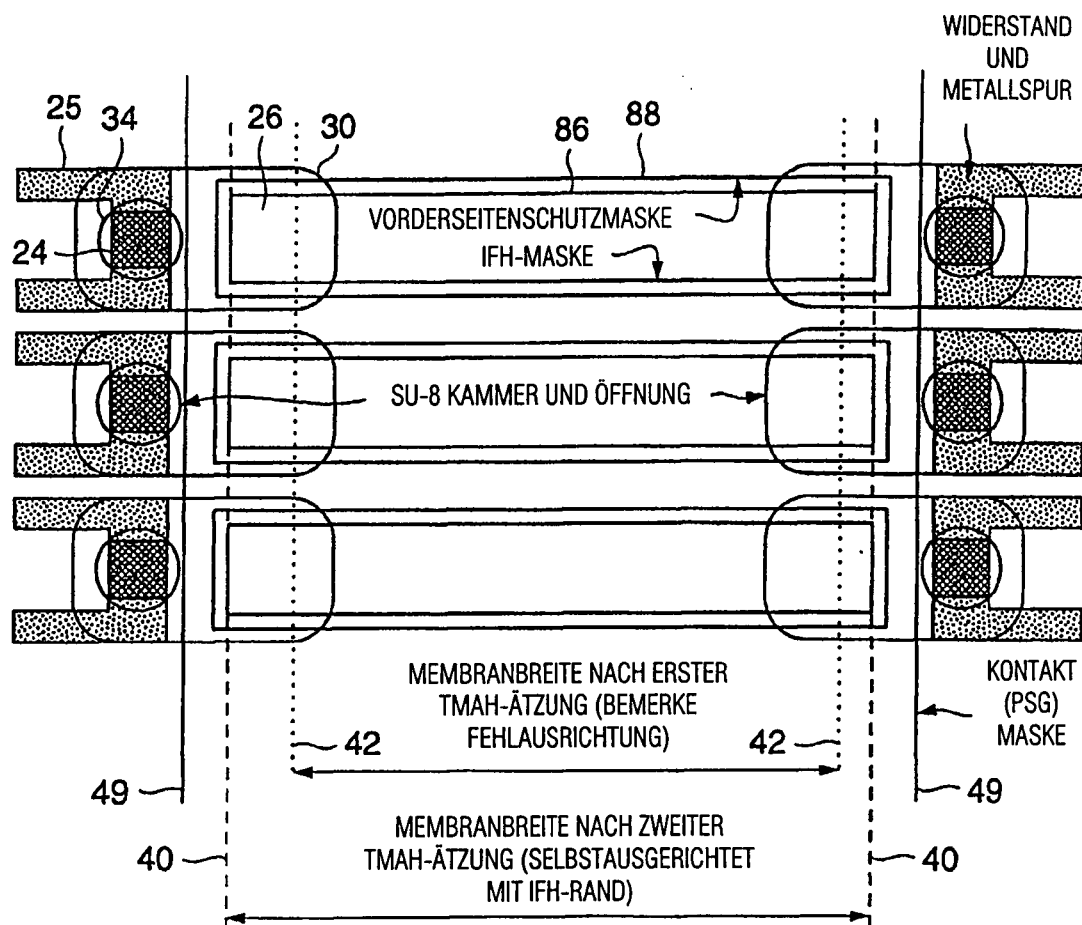
FIGUR 6E



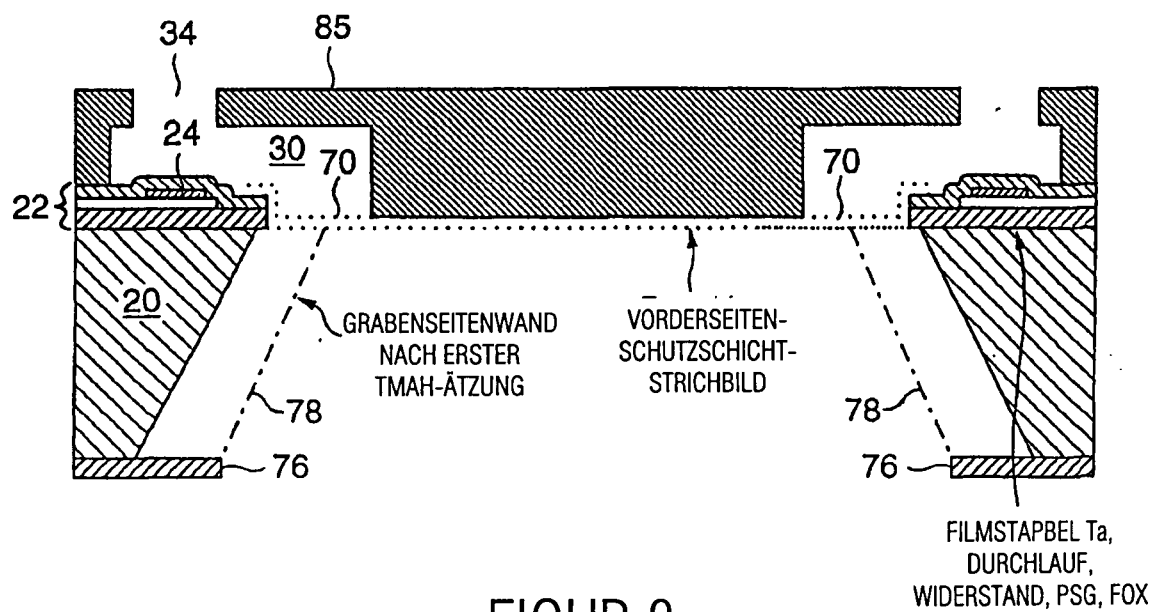
FIGUR 6F



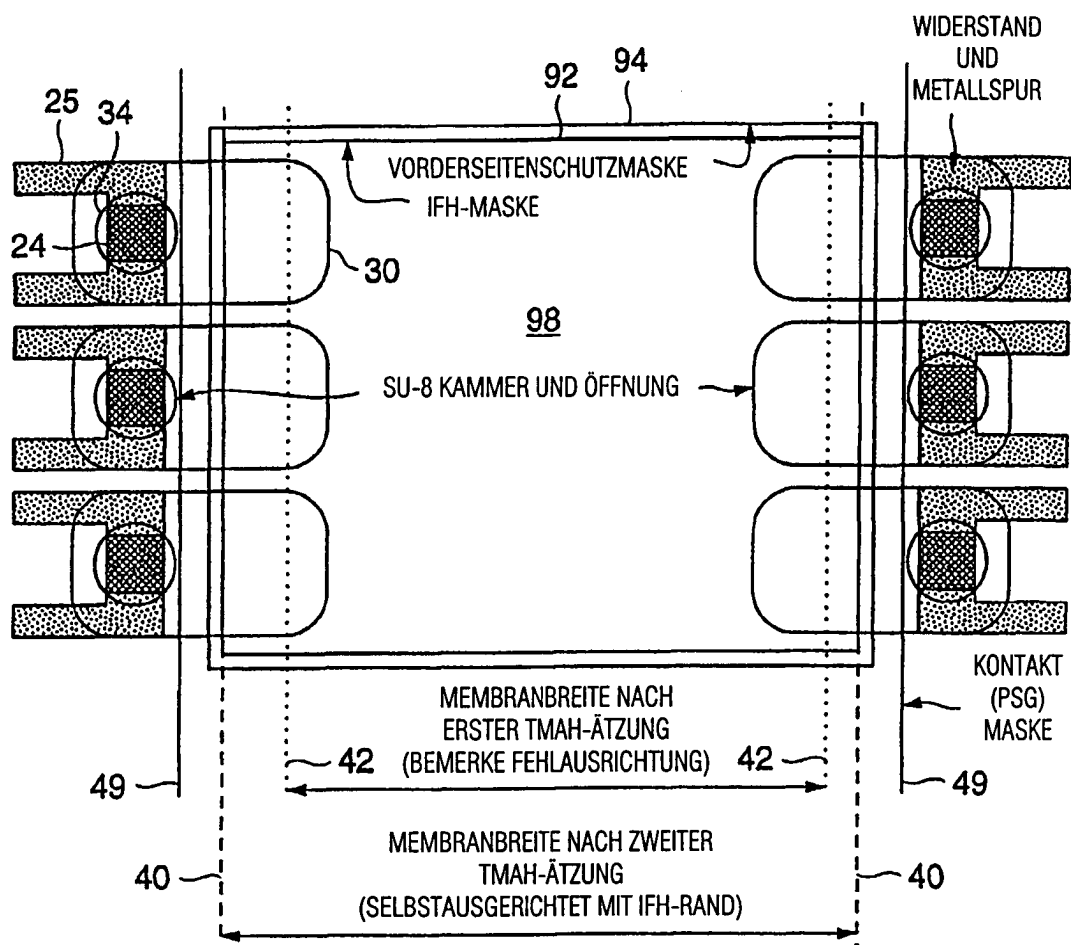
FIGUR 6G



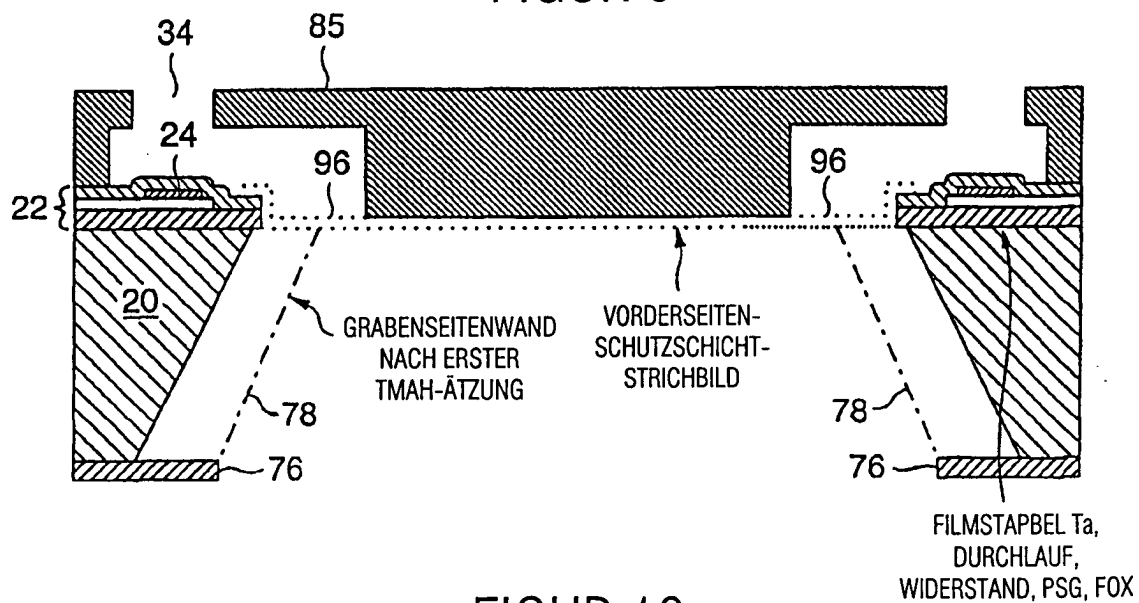
FIGUR 7



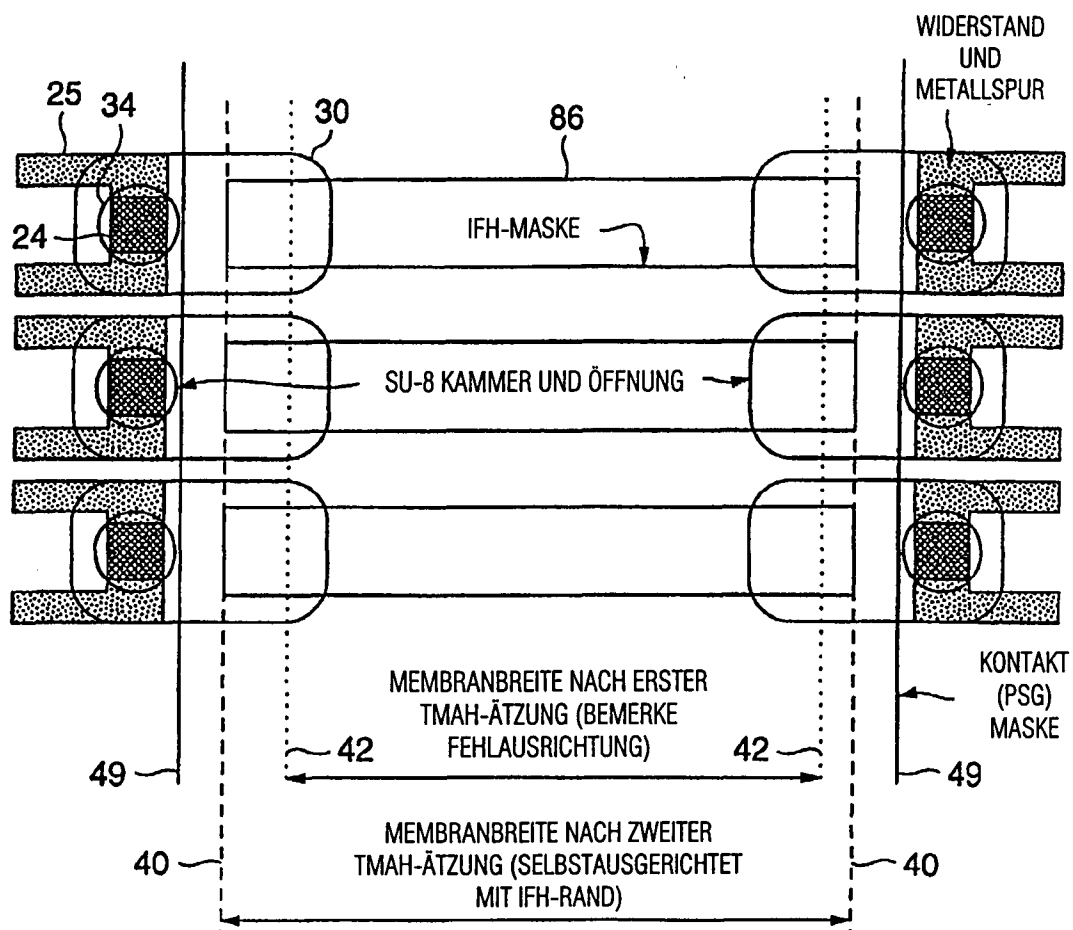
FIGUR 8



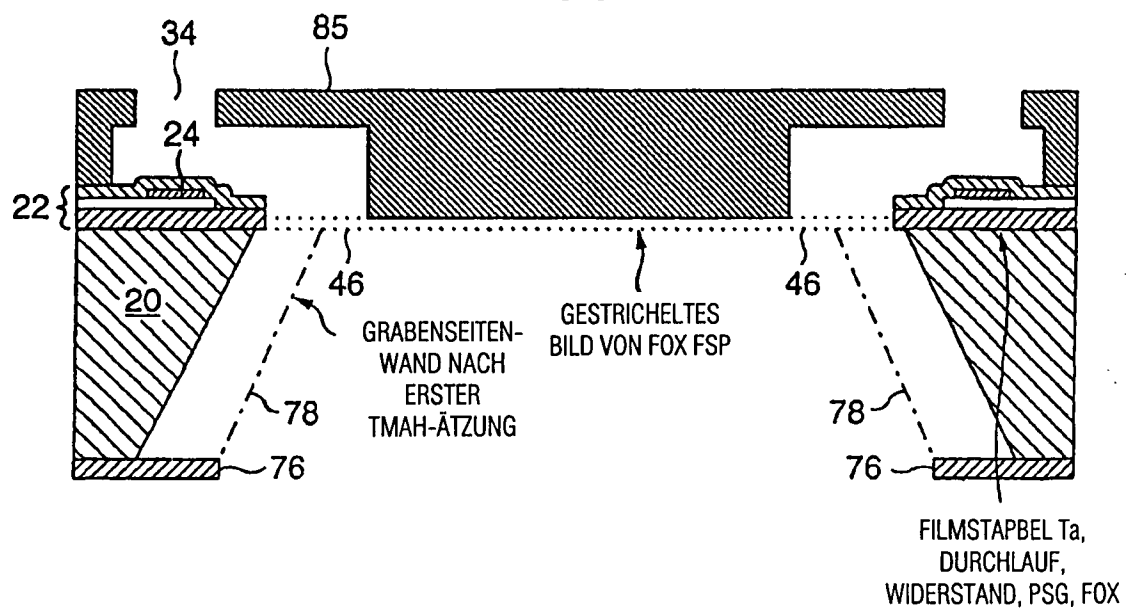
FIGUR 9



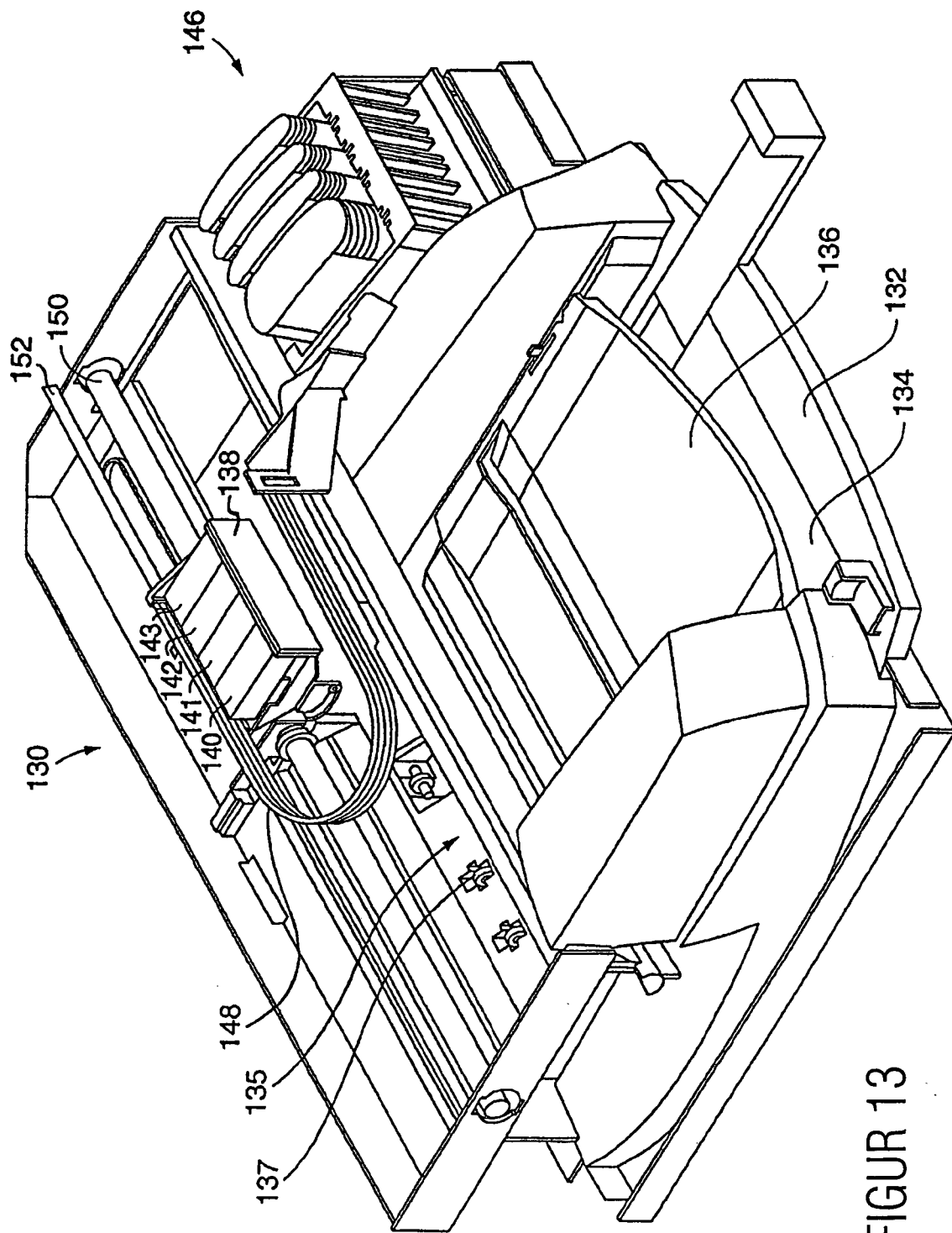
FIGUR 10



FIGUR 11



FIGUR 12



FIGUR 13